

①⑨ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift  
⑪ DE 3041742 A1

⑤ Int. Cl. 3:  
H04R 17/00

⑳ Aktenzeichen:  
㉔ Anmeldetag:  
㉕ Offenlegungstag:

P 30 41 742.6-31  
5. 11. 80  
13. 5. 82

Erfindungsgegenstand

DE 3041742 A1

㉗ Anmelder:  
Siemens AG, 1000 Berlin und 8000 München, DE

㉘ Erfinder:  
Kleinschmidt, Peter, Dipl.-Phys.; Eith, Gerhard, Ing.(grad.),  
8000 München, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

㉙ Luftschallgeber

DE 3041742 A1

-15-

Patentansprüche:

1. Luftschallgeber für Tonfrequenzbereiche von 0,5 bis 5 kHz mit einer piezokeramischen Scheibe auf einer Metallmembran, die an ihrem Rande mit einem Ring verbunden ist, g e k e n n z e i c h n e t dadurch, daß die piezoelektrische Scheibe eine Folie (6) mit einer Dicke kleiner als 100  $\mu$ m ist, daß die Metallmembran (4) eine Dicke kleiner als 100  $\mu$ m hat, daß der Ring (2) eine Masse hat, die wenigstens das 5-fache der Masse von Folie (6) und Metallmembran zusammengekommen ist, daß der Innendurchmesser ( $R_i$ ) des Rings (2) wenigstens fünfmal größer als seine Wandstärke ( $W$ ) ist und die Höhe ( $H$ ) des Rings (2) größer als seine Wandstärke ist, daß die Verbindung des Rings (2) und des Randes (5) der Metallmembran (4) miteinander eine den ganzen Rand (5) entlang vorliegende Befestigung ist, die eine Zugfestigkeit hat, die höher ist als die entsprechende elastische Zugfestigkeit der Membran (4) an ihrem Rande, und dadurch, daß die Metallmembran (4) unter Zugspannung befestigt wird und die Metallmembran (4) mit der darauf befestigten piezoelektrischen Folie (6) plan ist, und/oder daß eine ringförmige Prägung (8) nach Befestigung der Metallmembran (4) am Ring (2) diesem Ring (2) so nahe wie möglich und derart eingebracht ist, daß die Metallmembran (4) unter eine vom Rand (5) und von der Prägung (8) ausgehenden Zugspannung kommt, durch die der innerhalb der Prägung (8) liegende Anteil der Membran (4) eine plane Fläche ist.
2. Luftschallgeber nach Anspruch 1, g e k e n n z e i c h n e t dadurch, daß der Ring (2) aus Metall besteht.
3. Luftschallgeber nach Anspruch 1 oder 2, g e k e n n z e i c h n e t dadurch, daß die Membran (4) mit ihrem Rand (5) über den Rand des Rings (2) bis auf dessen Mantelfläche reicht und wenigstens auf der Mantelfläche des Rings befestigt ist.

4. Luftschallgeber nach Anspruch 1, 2 oder 3, g e -  
k e n n z e i c h n e t dadurch, daß die Metallmem-  
bran (4) am Ring (2) durch Klebung befestigt ist.
- 5 5. Luftschallgeber nach Anspruch 2 oder 3, g e -  
k e n n z e i c h n e t dadurch, daß die Metallmem-  
bran (4) am Ring (2) angelötet ist.
- 10 6. Luftschallgeber nach Anspruch 2 oder 3, g e -  
k e n n z e i c h n e t dadurch, daß der Rand der  
Metallmembran (4) in den Ring (2) eingebördelt ist  
(Fig.4).
- 15 7. Luftschallgeber nach Anspruch 2 oder 3, g e -  
k e n n z e i c h n e t dadurch, daß der über den  
Rand des Rings (2) bis auf dessen Mantelfläche reichende  
Rand (5) der Metallmembran (4) dort mit Hilfe eines  
weiteren Rings (2') festgehalten ist, indem dieser Rand  
(5) der Metallmembran (4) zwischen der Außenmantelfläche  
20 des Rings (2) und der Innenfläche dieses weiteren auf-  
gesetzten Rings (2') eingeklemmt ist.
- 25 8. Luftschallgeber nach einem der Ansprüche 1 bis 7,  
g e k e n n z e i c h n e t dadurch, daß der Ring (42)  
im Bereich der Befestigung der Metallmembran einen  
nach innen konisch abgeschrägten oder stufig ausgebilde-  
ten Rand hat (Fig.3).
- 30 9. Luftschallgeber nach einem der Ansprüche 1 bis 8,  
g e k e n n z e i c h n e t dadurch, daß das Material  
der Metallmembran (4) Vacon oder Kovar ist.
- 35 10. Luftschallgeber nach einem der Ansprüche 1 bis 9,  
g e k e n n z e i c h n e t dadurch, daß das Material  
der Metallmembran (4) einen Koeffizienten der thermi-

- 3 -

5 schen Auehnung  $T_K$  hat, der um mehr als 50% größer als  
derjenige  $T_K$  des Keramikmaterials der Folie (6) ist,  
wobei die Folie (6) bei erhöhter Temperatur auf der  
Oberfläche der Metallmembran (4) festwerdend angebracht  
ist und sich auf derjenigen Seite der Metallmembran (4)  
befindet, an der im Prägevorgang zur Herstellung der  
Prägung (8) der Prägestempel (9) angelegen hat.

10 11. Luftschallgeber nach Anspruch 10, g e k e n n -  
z e i c h n e t dadurch, daß das Material der Metall-  
membran (4)  $V_2A$ , Messing, Neusilber oder Bronze ist.

15 12. Luftschallgeber nach Anspruch 10 und 11, g e -  
k e n n z e i c h n e t dadurch, daß ein Prägestempel  
(91) mit gewölbter Bodenfläche (91") verwendet ist.

20 13. Luftschallgeber nach einem der Ansprüche 1 bis 12,  
g e k e n n z e i c h n e t dadurch, daß die Dicke der  
Folie (6) das 1- bis 1,5-fache der Dicke der Metall-  
membran (4) beträgt.

25 14. Luftschallgeber nach einem der Ansprüche 1 bis 13,  
g e k e n n z e i c h n e t dadurch, daß auf der der  
Metallmembran (44) abgewandten Seite des Rings (42)  
eine Platte (51) angebracht ist, die das Innenvolumen des  
Rings (42) abschließt und in der sich ein Loch (52) be-  
findet, womit der Ring (42), die Metallmembran (44) und  
diese Platte (51) zusammen einen Helmholtz-Resonator  
bilden.

30 15. Luftschallgeber nach einem der Ansprüche 1 bis 14,  
g e k e n n z e i c h n e t dadurch, daß die auf der  
Keramikfolie (6) befindlichen Elektroden (7) durch Sput-  
tern oder chemische Abscheidung aufgebracht sind.

05.11.80

4-

SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT  
Berlin und München

Unser Zeichen  
VPA 80 P 7 193 DE

Luftschallgeber.

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf einen Luftschallgeber, wie er im Oberbegriff des Patentanspruchs 1 angegeben ist.

Es sind als 'Buzzer' bezeichnete Luftschallgeber bekannt, die z.B. in Weckeruhren anstelle der früher verwendeten Glocken eingebaut sind. Der Wirkungsgrad der von ihnen erzeugten Schall-Leistung ist so hoch, daß sie auch aus Batterien gespeist werden können, die dennoch lange Lebensdauer haben. Für einen solchen Luftschallgeber wäre es günstig, wenn das Optimum seiner Schall-Abgabe im Bereich von 1 bis 2 kHz liegt, nämlich im Maximum der Schall-Empfindlichkeit des menschlichen Gehörs und im Maximum der Aufmerksamkeit des Menschen für Schall-Wahrnehmung liegt. Solche Luftschallgeber bestehen im allgemeinen aus einer Metallmembran, auf der sich fest angebracht eine Scheibe aus Piezokeramik, wie z.B. Bleizirkonat-Titanat, befindet. Anlegen elektrischer Wechselspannung an die auf beiden Seiten der Keramikscheibe aufgebrachten Elektroden führt zu einer Kontraktions- und Dilatations-Bewegung in der Keramikscheibe und damit zu wie bekannten Membranschwingungen von Metallmembran und Piezokeramik-Scheibe zusammengenommen. Die Metallmembran wird in geeigneter Weise gehalten, damit die schwingende Membran ihre Schwingungsenergie an die Luft abzugeben vermag.

Derartige, wie voranstehend umrissene Luftschallgeber sind z.B. aus "Valvo-Handbuch, Piezoxide", 1971,

Bts 1 Bla / 3.11.1980

ORIGINAL INSPECTED

Seiten 35 und 36, aus den Firmendruckschriften "Piezokeramik" der Rosenthal Technik AG, Werkgruppe 3, Seite 19 sowie "PAGE" der Fa. Kyozero (Japan) bekannt. Z.B. ist im "Valvo-Handbuch" ein Schallaufnehmer beschrieben, dessen Membran eine ringförmige Sicke hat, die nahe dem Rand der wesentlich kleineren Keramikscheibe ist und mit der sich die Scheibe bei der Montage justieren läßt.

10 Um eine weite Verbreitung und vielfältige Anwendung wie oben beschriebener Luftschallgeber zu ermöglichen, ist es erforderlich, daß diese nicht nur in einfacher Weise herzustellen sind (damit sie konkurrenzfähig zu konventionellen Schallgebern sind), sondern  
15 sie sollen auch möglichst klein sein, damit sie auch in kleinste Geräte eingebaut werden können, und zwar ohne daß sie geringere Leistungsfähigkeit haben und der von ihnen abgegebene Luftschall bei zu hohen Frequenzen, z.B. höher als 5 kHz, liegt..

20 Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen solchen Luftschallgeber anzugeben, der für den Tonfrequenzbereich von 0,5 bis 5 kHz, insbesondere von 1 bis 2 kHz, zu verwenden ist, dabei besonders klein ist  
25 und dennoch hohe Schall-Leistung abgibt. Zudem soll dieser Luftschallgeber in einfachster Weise herstellbar sein.

Diese Aufgabe wird mit einem Luftschallgeber nach dem  
30 Oberbegriff des Anspruchs 1 erfindungsgemäß mit den Merkmalen des Kennzeichens des Anspruchs 1 gelöst. Weitere Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung gehen aus den Unteransprüchen hervor.

35 Der vorliegenden Erfindung liegt die Erkenntnis zu-

-6-

grunde, daß nur durch eine sehr gute Abstimmung der charakteristischen Bemessungsgrößen untereinander und dieser Bemessungsgrößen in bezug auf den konstruktiven Aufbau des ganzen Luftschallgebers Verbesserung und Optimierung eines dem Prinzip nach an sich bekannten Luftschallgebers zu erreichen ist. Durch die wie erfindungsgemäße Verringerung der Dicke der Metallmembran und durch Verwendung einer vergleichsweise zu einer im Stand der Technik verwendeten Scheibe wesentlich dünneren Folie aus Piezokeramik lassen sich die Außenabmessungen eines solchen Luftschallgebers verringern, ohne daß eine höhere Resonanzfrequenz desselben in Kauf zu nehmen ist. Die Verkleinerung der Dickenwerte von Metallmembran und Keramikscheibe genügen aber bei weitem nicht, zu einem brauchbaren, leistungsfähigen Luftschallgeber kleiner Abmessung und dennoch niedriger Frequenz zu kommen. Wichtig für die Erfindung ist weiterhin, daß der dem Prinzip nach aus dem Stand der Technik bekannte Außenring eine wie angegeben vielfach höhere Masse bei wie ebenfalls angegebener Proportionierung von Höhe und Innen- und Außendurchmesser desselben zueinander hat, und vor allem auch, daß der Rand der Metallmembran derart fest mit dem Rand des in sich steifen Ringes verbunden ist, daß erreicht werden kann, daß die Metallmembran mit der darauf befestigten Keramikfolie im am Ring befestigten Zustand eben und plan ist (was zu niedrigster Frequenz führt). Dies kann durch eine Befestigung der Membran am Ring erfolgen, durch die die Membran wenigstens in Vorgang dieser Montage unter Zugspannung gesetzt wird. Insbesondere kann die Planität der Membran auch dadurch erreicht werden, daß eine radial gerichtete Zugkraft eingeprägt wird. Die Befestigung der Ränder von Metallmembran und Ring miteinander muß dazu eine Zugfestigkeit haben, die weit höher ist als die vergleichbare elastische Zugfestig-

-7-

keit der Membran in sich, d.h. im Bereich ihres Randes. Bezüglich der angegebenen Zugfestigkeit ist dies so zu verstehen, daß ein Anteil der Randbefestigung von Metallmembran und Ring miteinander den auf diesen Rand-  
5 anteil entfallenden Zug der Membran bei Ausführung der Prägung und gegebenenfalls auch danach aufzunehmen vermag.

Weiter ist es für die Erfindung von großer Be-  
10 deutung, wenn die bereits am Rand des Ringes mit ihrem Rand befestigte Metallmembran durch eine ringförmige Prägung unter Zugspannung gesetzt wird. Dabei muß die Prägung so nahe wie möglich dem Rand des Ringes angeordnet sein, d.h. so nahe wie dies sinnvoll technisch  
15 ausführbar ist. Diese Prägung wird mit einem Stempel ausgeführt, der auf die bereits mit ihrem Rand am Ring befestigte Membran gedrückt wird. Wird z.B. dieser Stempel von der Innenseite des Ringes her gegen die Membran gedrückt, d.h. die Membran nach außen und vom  
20 Rand des Ringes weggedrückt, kann der Stempel und damit der Durchmesser der Prägung sinnvollerweise nicht größer als der Innendurchmesser des Ringes sein.

Durch wie die angegebene Prägung der Metallmembran,  
25 und zwar nach deren Befestigung am Ring, kommt die Membran unter radiale Zugspannung, durch die eine Straffung der schwingenden Membranfläche erreicht wird. Diese Straffung ist eine Lösung, mit der eine plane, ebene (am Rand eingespannte) Membran mit niedrigster  
30 Resonanzfrequenz derselben zu erreichen ist. Gerade bei wie erfindungsgemäß sehr dünner Metallmembran und Folie aus Keramik, die miteinander fest zu verbinden sind, kann leicht - wenn auch unbemerkt - bereits störende Abweichung von planer, ebener Membran auftreten.



-7- 8-

Die Metallmembran unter Zug auf den Ring aufzubringen, kann z.B. dadurch erfolgen, daß - wie dies noch im Zusammenhang mit den Ausführungsbeispielen näher erörtert wird - ein weiterer Ring übergeschoben wird, mit  
5 dessen Überschiebung gleichzeitig die zwischen beiden Ringen eingeklemmte Metallmembran an ihrem Rande gewaltsam über den inneren Ring gezogen wird. Die zusätzlich oder alternativ vorgesehene Prägung der Metallmembran nach deren Befestigung am Ring kann vorzugsweise mit  
10 Hilfe eines Stempels durchgeführt werden. Der Ring mit der daran befestigten Membran und der Stempel werden derart gegeneinander bewegt, daß der Stempel einen Prägedruck auf die Membran ausübt. Der Stempel kann dabei von innerhalb des Ringes die Membran nach außen drücken  
15 oder der Stempel kann auch von außen auf die Membran drücken und diese nach innen in den Ring pressen.

Um eine im Ergebnis ebene und plane Metallmembran mit darauf befestigter Keramikfolie in am Ring befestigtem  
20 Zustand zu haben, ist außerdem noch darauf zu achten, daß die (zuvor noch ebene) Metallmembran durch das Befestigen der Keramikfolie an der Membran keine Wölbung erhält. Bei einem Ankleben der Keramikfolie an der Membran unter Anwendung erhöhter Temperatur und erst  
25 recht beim Anlöten der Keramikfolie entstehen Verformungen von Membran und Folie, wenn unterschiedliche Temperaturkoeffizienten der thermischen Ausdehnung für das Keramikmaterial und für das Metall der Membran vorliegen, so daß nach Abkühlung dauerhaft eine Wölbung  
30 zurückbleibt.

Solche nachteiligen Verformungen können dadurch vermieden werden, daß ein Metall für die Membran verwendet wird, das einen Temperaturkoeffizienten  $T_K$  besitzt, der  
35 nicht wesentlich verschieden von dem Temperaturkoeffi-

-9-

zienten der Ausdehnung der Piezokeramik ist, deren  $T_K$  ungefähr  $70 \cdot 10^{-7}$  beträgt. Bezüglich des Temperaturkoeffizienten der Keramik besteht praktisch keine Auswahl. Als passendes Material können Vaccon oder  
5 Kovar verwendet werden, das einen  $T_K$  mit ungefähr  $100 \cdot 10^{-7}$  besitzt.

Die voranstehend als nachteilig geschilderten Umstände können bei der Erfindung jedoch auch in vorteilhafter  
10 Weise genutzt werden. Bei dem bereits beschriebenen Prägen der am Ring bereits befestigten Metallmembran kann der Fall eintreten, daß die über die Fläche des Prägestempels hinweg unter Zugspannung gelangende Membran dennoch eine von außen gesehen geringfügig kon-  
15 vexe Restwölbung zurückbehält (auch wenn der Boden des Prägestempels plan ist). Solche Restwölbung beruht auf unvollständiger Biegeverformung am Prägerand. Hat nun (wie dies generell der Fall ist) das Metall der Membran einen größeren Temperaturkoeffizienten als die  
20 Keramik, so befestigt man die Keramikfolie auf der inneren konkaven Seite der Metallmembran. Bei Abkühlung von Membran und Keramikfolie miteinander, nämlich von der erhöhten Temperatur des Klebevorgangs auf Raumtemperatur, kontrahiert das Material der Membran  
25 in stärkerem Maße und die erwähnte Restwölbung wird beseitigt und es resultiert eine ebene Membran mit daran befestigter Keramikfolie.

Es kann aber noch ein weiterer Vorteil aus den oben  
30 beschriebenen Umständen genutzt werden, der es ermöglicht, auch Messing, Neusilber, Bronze, V2A-Stahl u. dergl. für die Metallmembran zu verwenden. Da diese Metalle wesentlich größeren Temperaturkoeffizienten der Ausdehnung als die Piezokeramik haben, genügt es,  
35 bewußt eine Wölbung beim Vorgang der Prägung in die

-10-  
7-

am Rand an dem Ring bereits befestigte Membran einzu-  
prägen. Es wird hierzu ein Prägestempel mit konvexer  
Bodenfläche verwendet, zu dem insbesondere noch ein  
passender Gegenstempel verwendet werden kann. Die Wöl-  
bung wird so groß gewählt, daß nach Anbringung und Ab-  
kühlung der Keramikfolie diese beiden ein ebenes planes  
Gebilde sind.

Bezüglich der Festigkeit der Anbringung der Metallmem-  
bran am Ring ist noch darauf hinzuweisen, daß diese  
Befestigung einer derart hohen Zugspannung widerstehen  
können muß, die diejenige Zugspannung in der Membran  
erheblich übersteigt, die beim Prägen der Membran ein-  
tritt, die wiederum so hoch ist, daß das Material der  
Membran kurzzeitig erheblich über der Fließgrenze lie-  
gender mechanischer Spannung ausgesetzt wird. Nach  
Ausbildung der Prägung bleibt dann aus der Prägeverfor-  
mung eine Restzugspannung in der Membran zurück, die  
dann fortdauernd auf den innerhalb der Prägung befind-  
lichen Anteil der Membran in Radialrichtung einwirkt  
(und die auch einer späteren Wölbung der Membran entge-  
genwirkt).

Für einen wie bisher bekannten Luftschallgeber mit  
piezokeramischer Scheibe war die Auswahl einer geeigne-  
ten Piezokeramik völlig unproblematisch. Bei der vor-  
liegenden Erfindung mit nur noch dünner Folie als Kera-  
mikbelegung der Metallmembran (u.a. um niedrige Fre-  
quenz bei kleiner Abmessung zu erhalten) ist es notwen-  
dig, ein Piezokeramikmaterial mit hoher piezoelektri-  
scher Kopplung (Kopplungsfaktor  $k > 0,6$ ) und mit mög-  
lichst hoher Dielektrizitätszahl ( $\epsilon_r$  zwischen 2000 und  
5000) zu verwenden. Solches Piezokeramikmaterial wird  
von der Siemens Aktiengesellschaft unter der Bezeichnung  
Vibrit 625 und 668 listenmäßig in den Handel gebracht.  
In diesem Zusammenhang ist auch darauf hinzuweisen, daß

- 11 -  
~~8~~

der Aufbringung der Elektroden auf den für die Erfindung vorgesehenen Keramikfolien besondere Aufmerksamkeit gewidmet wird. Die Elektroden müssen sehr dicht, d.h. ohne Zwischenschicht, unmittelbar auf der freien Oberfläche der Keramik der Folie aufliegen, damit keine Reihenkapazität zwischen dem hochdielektrischen Keramikmaterial und der jeweiligen Metallelektrode auftreten kann. Solche Elektrodenbelegungen lassen sich auf der Keramikoberfläche vorzugsweise durch Sputtern und/oder chemisches Abscheiden des Elektrodenmetalls herstellen. Elektroden aus Einbrennsilber sind zwar ebenfalls verwendbar, jedoch ist dabei bereits eine gewisse Verschlechterung des Ergebnisses in Kauf zu nehmen.

15 Weitere Erläuterungen der Erfindung gehen aus der nachfolgenden, anhand der Figuren gegebenen Beschreibung hervor.

20 Fig.1 zeigen drei variierte Ausführungsformen der Erfindung bis 3 dung.

Fig.4 zeigt ausschnittsweise eine Ausführungsform zur Randbefestigung der Metallmembran am Ring.

25 Fig.5 zeigt ein Zwischenstadium der Herstellung eines erfindungsgemäßen Luftschallgebers, und zwar zum Zeitpunkt der Prägung mit Prägestempel mit gewölbter Bodenfläche und zugehörigem Gegenstempel.

30 Fig.1 zeigt eine erste Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Luftschallgebers 1. Dieser hat einen vorzugsweise aus Metall bestehenden Ring 2, eine Metallmembran 4 und eine Folie 6 aus Piezokeramik, die zumindest auf der äußeren Oberfläche mit einer (durch einen dickeren Strich zeichnerisch kenntlich gemachten) Elektrodenbe-

35

-92 12-

- legung 7 versehen ist. Die mit 7' dargestellte Gegen-  
elektrode ist in gleicher Weise wie die Belegung 7  
auf der Keramikfolie 6 aufgebracht und mit der Metall-  
membran 4 leitend verbunden. Wie bereits oben angege-  
ben, ist die Metallmembran 4 mit ihrem Rand 5 an dem  
5 Ring 2 befestigt, wobei bei der hier dargestellten  
Ausführungsform dieser Rand der Metallmembran noch  
über die Oberkante des Rings 2 hinweg bis auf dessen  
äußere Mantelfläche reicht. Dort an dieser Mantel-  
10 fläche kann der Rand 5 der Metallmembran 4 angelötet,  
angeklebt oder auch wie in der Figur angedeutet durch  
einen weiteren Ring 2' gehalten sein. Dieser Ring 2'  
liegt dicht auf dem Rand 5 der Metallfolie 4 auf und  
hält diesen am Ring 2 fest. Der Ring 2' kann in viel-  
15 fältiger Weise aufgesetzt sein, z.B. aufgeschrumpft  
oder auch nur aufgeschoben sein. Durch Aufschieben  
erfährt die Metallmembran 4 bereits eine erste Zug-  
spannung in radialer Richtung ihrer Flächenausdehnung.
- 20 Zunächst liegt die Metallmembran 4 nach fester Anbrin-  
gung am Ring 2 in einer Ebene. Diese Lage ist in der  
Figur mit 4' gestrichelt angedeutet.
- 25 Die in der Fig.1 gezeigte, bereits mit Prägung verse-  
hene Form der Metallmembran 4 ist dadurch erreicht,  
daß ein mit 9 bezeichneter, gestrichelt dargestellter  
Stempel in Richtung des Pfeiles 9' durch das Innere  
des Rings 2 hindurch gegen die Metallmembran 4 gedrückt  
wird, wodurch diese dann die dargestellte ringförmige  
30 Prägekrümmung 8 am Außenrand des Prägestempels 9 er-  
hält.
- 35 Diese Prägung der Metallmembran 4 bewirkt, daß durch  
die dabei auftretende radiale Zugspannung in der  
Metallmembran 4, und zwar innerhalb des durch die Prä-

~~-10-~~ 13-

5 gebiegung 8 gebildeten Rings, zu einer ebenen Fläche gestrafft wird. Lediglich der Vollständigkeit halber sei erwähnt, daß die Metallmembran 4 auch außerhalb der Prägebiegung 8 bis hinein in die Randbefestigung am Ring 2 Zugspannung erhält.

10 Die Kraft, mit der der Prägestempel 9 gegen die Membran 4 (oder der Ring 2 mit der Membran 4 gegen den Prägestempel 9) zu drücken ist, muß derart hoch sein, daß insbesondere im Bereich der Prägebiegung 8 die elastische Zugfestigkeit des Materials der Membran 4 überschritten wird und vorübergehendes Fließen des Materials eintritt. Bei Rücknahme dieser Eindruckkraft des Prägestempels bleibt dann aufgrund der Prägebiegung 8 eine  
15 Restzugspannung in der Metallmembran 4 zurück, die weiterhin für ebene, plane Form der Membran mit Folie sorgt. Ein solcher Luftschallgeber hat bei kleinstem Außendurchmesser die niedrigste (Grund-)Resonanzfrequenz bei gegebener Dicke von Membran und Folie (deren  
20 minimale Dickenwerte natürlich eine Grenze technisch vernünftiger Realisierbarkeit haben.

25 Dadurch, daß man einen Prägestempel 9 mit vergleichsweise zum freien Innendurchmesser des Rings 2 größtmöglichem Außendurchmesser verwendet hat, liegt der Ring der Prägebiegung 8 so nahe dem Befestigungsrand der Membran 4 am Ring 2, wie dies mit einfachen Mitteln technisch ausführbar ist. Dies begünstigt niedrige Resonanzfrequenz bei sonst gleichen Abmessungen.

30 Die schon oben erwähnte Keramikfolie 6 mit ihrer Elektrode 7 kann (wie hier dargestellt) auf der Innenseite der Metallmembran 4 (wie hier in Fig.1 dargestellt) oder kann auch auf der Außenseite angebracht sein. Für  
35 die Anbringung der Keramikfolie 6 ist Kleben, insbeson-

-14-

5 dere Heißkleben mit AV8 der Fa. Ciba, zu bevorzugen.  
Die Folie 6 kann aber auch angelötet oder auf eine  
thermoplastische Beschichtung der Metallmembran 4 auf-  
geschmolzen oder mittels einer duroplastischen Zwischen-  
folie heiß aufgeklebt werden.

10 Bereits oben ist erwähnt, daß die Metallmembran 4 eine  
geringfügige Restwölbung nach Durchführung der Prägung  
mit dem Stempel 9 zurückbehalten kann, insbesondere  
dann, wenn aus Gründen billigerer Herstellung ein Gegen-  
stempel zum Stempel 9 weggelassen ist. Diese Restkrüm-  
mung ist in der Darstellung der Figur nach oben gerich-  
tet. Bringt man nun - wie schon oben angedeutet - die  
Keramikfolie auf der innenliegenden Unterseite der Mem-  
15 bran durch Heißkleben an, so zieht sich die Keramik-  
folie bei geringerem  $T_K$  der thermischen Ausdehnung weni-  
ger zusammen, als dies ein Metall wie Messing, Bronze  
oder Edelstahl tut. Im abgekühlten Zustand bleibt eine  
noch mehr der idealen ebenen Form angenäherte plane  
20 Metallmembran 4 mit daran befestigter Folie 6 zurück.

Fig.2 zeigt eine weitere Ausführungsform der Erfindung  
mit jedoch nach innen geprägter Metallmembran 24. Bei  
diesem Ausführungsbeispiel ist die Metallmembran 24  
25 an ihrem Rande lediglich auf der ringförmigen Stirnflä-  
che des Rings 2 befestigt, z.B. angeklebt. Der hier  
zu verwendende Prägestempel 29 hat einen vergleichsweise  
zum Innendurchmesser  $R_i$  des Rings 2 um soviel geringe-  
ren Außendurchmesser, daß beim Prägen die Folie am In-  
nenrand des Rings 2 nicht abgeschert wird.  
30

Fig.3 zeigt eine weitere Ausführungsform, die der Aus-  
führungsform nach Fig.2 ähnlich ist. Hier ist jedoch  
ein Ring 32 mit einer Abschrägung 33 des oberen Randes  
35 in der Art einer Innenkonusfläche (wie dargestellt) vor-

-12- 15-

gesehen. Die Metallmembran 34 ist mit ihrem Rand 5 - wie beim Beispiel der Fig.1 - wieder an der Außenmantelfläche des Rings 32 befestigt. Bei der Ausführungsform der Fig.3 mit nach innen geprägter Metallmembran kann der Prägestempel 39 sogar einen etwas größeren Außendurchmesser haben als der Innendurchmesser Ri des Rings 32. Aus der Darstellung der Fig.3 ist ersichtlich, daß die Prägung 38 sogar größeren Innendurchmesser als der Ring 32 haben kann, wenn nur die Abschrägung 33 des Rings 2 genügend spitzwinklig ausgeführt ist.

Eine Ausführungsform nach den Fig.2 und 3 mit nach innen geprägter Membran hat den Vorzug, daß die im Ring 2, 32 weiter innenliegende schwingende Fläche der Metallmembran 24, 34 zusätzlich auch einen gewissen Schutz gegen Beschädigung, etwa beim Einbau eines solchen Luftschallgebers, hat.

Fig.4 zeigt eine Teilansicht eines ansonsten nicht weiter in den Details ausgeführten Beispiels mit in einer Nut 43 des Rings 42 eingebördeltem Rand der Metallmembran 44.

In Fig.3 ist zusätzlich noch eine Weiterbildung eines wie erfindungsgemäßen Luftschallgebers dargestellt, die auch bei einem Luftschallgeber nach den übrigen Figuren vorgesehen sein kann. Der bei der Erfindung relativ hohe Ring 2, 22, 32 ... ist an seiner der Metallmembran 4, 24, 34, 44 ... abgewandten Seite mit einer Platte 51 verschlossen, die ein im wesentlichen in der Mitte derselben angeordnetes Loch 52 aufweist. Das Innenvolumen zwischen Ring, Metallmembran (mit Keramikfolie) und dieser Platte 51 bildet das Volumen eines Helmholtz-Resonators, wie er aus der Physik und insbesondere von Musikinstrumenten her gut bekannt ist. Loch 52 und Innen-



-13-16-

volumen sind zueinander und auf die Resonanzfrequenz der eingespannten Metallmembran in bekannter Weise so abgestimmt, daß der erfindungsgemäße Luftschallgeber dieser Weiterbildung eine besonders gute Anpassung an den Schallwiderstand der Luft hat und somit besonders gute Effektivität des Luftschallgebers erreicht ist. Insbesondere mit der Maßnahme dieser Weiterbildung läßt sich auch mit einem nach der Erfindung mit sehr kleinen Außenabmessungen (und dennoch niedriger Resonanzfrequenz unter 5 kHz, insbesondere unter 2 kHz) realisierten Luftschallgeber hohe Schall-Intensität an die umgebende Luft abgeben, so daß dieser ohne weiteres auch als Schallgeber einer (sehr klein ausführbaren) Weckeruhr verwendet werden kann.

Fig.5 zeigt den Zeitpunkt des Prägens der Metallmembran 4 im Verlauf des Herstellungsverfahrens eines erfindungsgemäßen Luftschallgebers. In der Fig.5 ist gezeigt, wie gegebenenfalls unter Zuhilfenahme eines Gegenstempels 92 mit einem Stempel 91 mit konvex gewölbter Bodenfläche 91" die Membran 4 zusätzlich zu der oben beschriebenen ringförmigen Biegeprägung 8 mit einer geringfügigen Wölbung versehen wird. Für den Fall, daß der Außendurchmesser der noch später (auf der konkaven Innenseite der Metallmembran 4) aufzubringen- den Keramikfolie fast gleich groß wie der Durchmesser der ringförmigen Biegeprägung 8 ist, kann sich diese geringfügige Wölbung über die ganze Bodenfläche 91" des Stempels 91 erstrecken. Bei kleinerem Außendurchmesser der Keramikfolie empfiehlt es sich, die geringe Wölbung nur über den Flächenbereich hinweg vorzusehen, der später von der Keramik bedeckt wird und den außerhalb liegenden Ring der Bodenfläche des Stempels 91 (wie beim Stempel 9) eben bzw. plan zu machen.

- 17.  
~~14~~

Nachfolgend wird noch ein Ausführungsbeispiel, wie es in Fig.1;2 dargestellt ist, mit Zahlenangaben wiedergegeben: Der Außendurchmesser des Rings 2 beträgt z.B. 20 mm, so daß Ri zwischen 18 bis 19 mm liegt. Der Durchmesser der Biegeprägung 8 beträgt 17 bis 18,5 mm, je nach Größe von Ri. Die Keramikfolie hat einen Durchmesser von rund 15 mm und eine Dicke von 60 bis 90  $\mu$ m bei einer Dicke der Metallmembran von 50  $\mu$ m.

5 Figuren

15 Patentansprüche

2/2

**FIG 4**

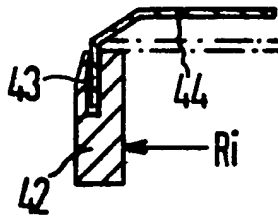
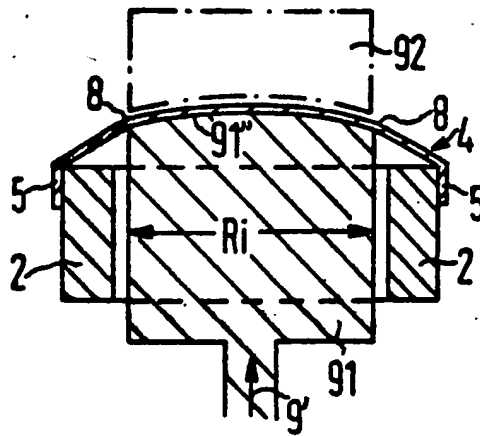


FIG 5



ORIGINAL INSPECTED

Nummer:  
Int. Cl.<sup>3</sup>:  
Anmeldetag:  
Offenlegungstag:

3041742  
H04R 17/00  
5. November 1980  
13. Mai 1982

19-

1/2

FIG 1

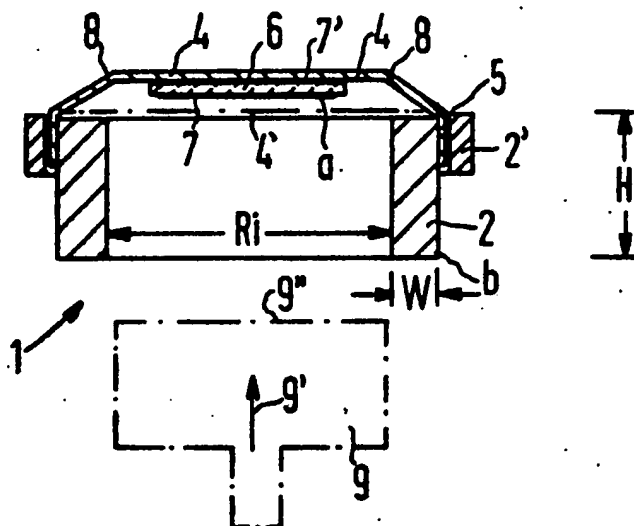


FIG 2

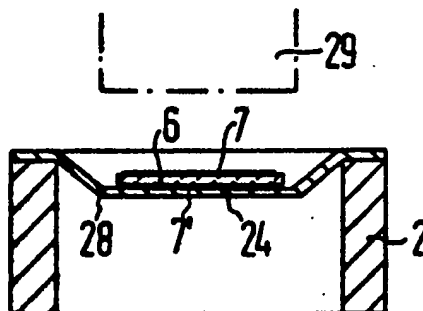


FIG 3

